



Gennaio 2026

D.3.2.2 Piano di azione AZA4ICE IMC – Centro Marino Internazionale

Indice

Documento strategico per delineare le azioni chiave, gli stakeholder, le tempistiche e le risorse necessarie per la transizione verso un'economia circolare all'interno dell'acquacoltura

<https://aza4ice.interreg-euro-med.eu>



Abbreviazioni.....	4
1. Riassunto.....	5
2. Introduzione	8
<i>Ambito di applicazione e obiettivi</i>	8
<i>Contesto</i>	10
3. Ruoli e responsabilità degli attori chiave	12
4. Bisogni, sfide e opportunità regionali	15
<i>Bisogni regionali</i>	15
<i>Sfide regionali</i>	17
<i>Opportunità regionali</i>	19
5. Attuale Quadro Legale, Normativo e di Licenza.....	21
6. Stato attuale delle imprese di acquacoltura.....	22
7. Visione per l'acquacoltura circolare in Sardegna.....	23
8. Potenziale dei risultati C-AZA	25
9. Azioni Proposte	29
<i>Azioni e interventi chiave</i>	29
<i>Attori Responsabili</i>	33
<i>Cronologia di implementazione</i>	34
10. Conclusione.....	34



Accesso e condizioni di utilizzo

L'Action Plan del progetto **AZA4ICE**, finanziato dal Programma **Interreg MED**, è reso disponibile sul presente sito istituzionale al fine di garantire trasparenza, informazione e partecipazione nell'ambito della consultazione pubblica.

Il documento è liberamente consultabile e scaricabile **esclusivamente per finalità informative e di consultazione**, nonché per la partecipazione alle attività del progetto AZA4ICE.

Non è consentita la diffusione, riproduzione o utilizzazione del documento, in tutto o in parte, **per finalità diverse da quelle connesse al progetto**, senza la preventiva autorizzazione del partenariato.

BOLZA



Abbreviazioni

LIRRIE	Living Responsible Research and Innovation Ecosystems
AZA	Zone Allocate per l'Acquacoltura
C-AZA	Zone Allocate per l'acquacoltura circolare
IMTA	Acquacoltura Multi-Trofica
RAS	Sistemi di Acquacoltura a Ricircolo
PMI oSME	Piccole e media imprese (Small and medium enterprise)
IPI	Indice Intermedio di Performance
ICI	Indice di IMTA Circolare (Index IMTA Circularity)
C-AZAi	Indice C-AZA
SiSi	Indice di vocazionalità del sito (Site Suitability Index=)



1. Riassunto

Questo Piano d'Azione fornisce una strategia strutturata e concreta per supportare la transizione dell'acquacoltura sarda verso modelli circolari, sostenibili e socialmente inclusivi, posizionando questo settore come motore centrale della Strategia Regionale per l'Economia Blu e degli obiettivi europei di sostenibilità. Sviluppato nell'ambito del progetto AZA4ICE, il Piano integra i principi della bioeconomia circolare con la pianificazione territoriale, l'innovazione tecnologica, la protezione ambientale, la diversificazione economica e la governance partecipata per offrire un approccio olistico allo sviluppo dell'acquacoltura in Sardegna.

L'acquacoltura sarda affonda le sue radici in antiche tradizioni di attività produttive in acque interne e in lagune, ecosistemi dall'alto valore ecologico. Questi ecosistemi rappresentano certamente un patrimonio ambientale e culturale, ma anche un importante patrimonio economico. Nonostante ciò, i modelli di produzione attuali rimangono in gran parte di tipo lineare, con una forte dipendenza dall'alimentazione controllata e risorse esterne, riutilizzo limitato di nutrienti e dei sottoprodotti e crescenti pressioni regolatorie e ambientali. Il potenziale del settore per la transizione circolare è elevato, come dimostrato dalla valutazione C-AZA svolta in un bacino artificiale limitrofo alla laguna di Cabras (OR) all'interno del progetto AZA4ICE, che ha dimostrato una forte idoneità dal punto di vista ambientale, fattibilità tecnica e interesse degli stakeholder nell'implementazione di sistemi integrati di Acquacoltura Multitrofica (IMTA), dove si combinano specie alimentate e detritivore per migliorare il riciclo dei nutrienti, il funzionamento degli ecosistemi e i rendimenti economici. I risultati della metodologia C-AZA evidenziano che gli ambienti lagunari possono ospitare sistemi di acquacoltura produttivi, diversificati e compatibili con l'ecosistema, fornendo un quadro replicabile per politiche e pianificazioni su scala regionale e mediterranea.

Il Piano d'Azione risponde a queste sfide e opportunità attraverso sei azioni strategiche interconnesse. Un programma completo di *capacity building* che intende affrontare il divario di conoscenze e competenze tecniche, offrendo formazione mirata sui sistemi IMTA/RAS, gestione delle risorse idriche, tracciabilità digitale e certificazione della sostenibilità a più di 120 operatori del settore. Impianti IMTA dimostrativi in due lagune sarde (es: Cabras e San Teodoro) fungono da



laboratori viventi (*living lab*), validando modelli di produzione circolari, supportando il trasferimento di conoscenze e fornendo esempi visibili per la replicazione. Le iniziative basate sul coinvolgimento diretto delle comunità rafforzano la partecipazione locale, inclusa la gestione dei rifiuti, lo sviluppo di percorsi educativi e programmi di certificazione collettiva. Il monitoraggio ambientale e le misure di salvaguarda dell'ambiente garantiscono la compatibilità ecologica attraverso la raccolta continua dei dati e la gestione dei processi adattativi. Il supporto all'impresa e la mobilitazione dei fondi facilitano l'accesso a finanziamenti europei, nazionali e privati, riducendo le barriere negli investimenti nei sistemi di acquacoltura circolare. Infine, l'istituzione di una piattaforma inclusiva di governance e coordinamento, basata sul modello multi-attore LiRRIE (Living Responsible Research and Innovation Ecosystems), garantisce un coinvolgimento continuo dei portatori di interesse (stakeholder), processi decisionali trasparenti e lo sviluppo di politiche adeguate.

L'implementazione del Piano d'Azione è strutturata in tre fasi progressive nell'arco di 24 mesi. La fase 1 si concentra sulla creazione delle basi e su avvio delle prime attività, includendo la stesura di accordi formali, l'attivazione dei primi cicli di formazione, la selezione dei siti pilota e le prime attività di comunicazione. La fase 2 prevede l'attuazione e l'implementazione di progetti pilota, l'ampliamento della formazione, l'attivazione di iniziative a livello comunitario e l'avvio di attività di monitoraggio ambientale e di sostegno finanziario. La fase 3 è finalizzata al consolidamento dei risultati attraverso una valutazione complessiva dei progetti pilota, la diffusione delle lezioni apprese, l'identificazione di percorsi di replica e la pianificazione della sostenibilità a lungo termine dei modelli di governance e delle pratiche operative.

Per monitorare i risultati ambientali, tecnici, economici, di governance e sociali, sono stati sviluppati degli indicatori chiave di prestazione (KPI- Key Point Indicator) mentre i protocolli adattivi garantiscono una risposta tempestiva alle sfide emergenti in materia di qualità delle risorse idriche utilizzare, partecipazione alla formazione, disponibilità di finanziamenti e coordinamento dei portatori di interesse.



Il Piano propone diverse fonti di finanziamento, inclusi programmi europei come FEAMPA, Interreg Euro-MED e Horizon Europe, o sostegno finanziario da parte dei governi nazionale e regionale, investimenti privati, fondi d'impatto e meccanismi di finanziamento sostenibile o *green*. Questo approccio con fonti multiple garantisce sia la fattibilità finanziaria sia la resilienza di fronte a potenziali ritardi o incertezze in un singolo flusso di finanziamento. Integrando chiarezza normativa, innovazione tecnologica, incentivi economici e governance partecipativa, il Piano d'Azione offre percorsi concreti per far progredire l'acquacoltura sarda oltre la sostenibilità teorica.

Si intende creare un quadro solido per l'implementazione di sistemi circolari, il miglioramento della produttività, la diversificazione dei ricavi, la protezione degli ecosistemi, la promozione dell'accettazione sociale e della collaborazione tra gli stakeholder. Così facendo, la Regione Sardegna può posizionarsi come centro di eccellenza mediterraneo per l'acquacoltura circolare, dimostrando che un'acquacoltura responsabile, resiliente e inclusiva può offrire contemporaneamente benefici ambientali, economici e sociali.



2. Introduzione

Ambito di applicazione e obiettivi

Il Piano d'Azione si concentra esclusivamente sullo sviluppo di un'acquacoltura circolare e a basso impatto ambientale nelle zone costiere e nelle zone umide interne della Sardegna, applicando la metodologia AZA4ICE come quadro di riferimento guida. Affronta interventi che sono:

- ambientalmente fattibili, poiché sono basati sui risultati C-AZA prodotti nel sito pilota sardo;
- socialmente inclusivi, poiché sono coerenti con la visione co-creata attraverso il processo LiRRIE e rispondono alle esigenze degli stakeholder;
- economicamente realistici, poiché tengono conto dei vincoli locali, delle capacità esistenti e del potenziale di investimento;
- scalabili e trasferibili, permettendo la replicazione in altre zone di acquacoltura in Sardegna e, più in generale, in tutta la regione mediterranea.

Il Piano dà priorità ad azioni che possono essere realisticamente attuate utilizzando le risorse locali disponibili e, dove opportuno, integrate da un supporto finanziario esterno. Il principio fondamentale è che lo sviluppo circolare dell'acquacoltura deve nascere da un'autentica co-creazione con le comunità locali e gli attori settoriali, piuttosto che essere imposto dall'alto. In questo senso, il Piano d'Azione è concepito come una traduzione operativa della visione condivisa che emerge dall'impegno degli stakeholder, allineata alle evidenze della pianificazione spaziale e agli obiettivi politici.

Il primo obiettivo del Piano d'Azione è introdurre, testare e implementare progressivamente modelli di acquacoltura circolare specificamente adattati alle condizioni ambientali, spaziali e socio-economiche della Sardegna. Questi modelli includono sistemi integrati di Acquacoltura Multitrofica (IMTA) e sistemi di acquacoltura a ricircolo (RAS) che lavorano in sinergia con le condizioni ambientali locali e i sistemi di produzione esistenti, rispettando però i vincoli specifici di ciascun sito, identificati dalla valutazione AZA4ICE.

Un secondo obiettivo chiave è rafforzare la capacità locale di acquacoltori,



pescatori, piccole e medie imprese (PMI) e attori locali per adottare e gestire pratiche di acquacoltura circolare. Sebbene nell'ambito del progetto sia stata osservata una forte disponibilità a investire, con un punteggio medio di 3,80 su una scala di 5 punti (evidenziato dall'applicazione dello strumento di valutazione della circolarità realizzato dal progetto Interreg Euro-Med BLUEfasma), questa disponibilità non è ancora accompagnata da una preparazione tecnica adeguata. Il Piano d'Azione mira, quindi, a colmare questo divario traducendo l'interesse degli investimenti in capacità di implementazione e attuazione efficace attraverso il potenziamento e il miglioramento di competenze tecniche, preparazione operativa e accesso a conoscenze pratiche e meccanismi di supporto mirati.

Inoltre il Piano d'Azione punta a migliorare la sostenibilità ambientale delle attività di acquacoltura attraverso un monitoraggio strutturato, misure di mitigazione dell'impatto e un design produttivo rispettoso dell'ambientale. Ciò include la definizione delle condizioni ambientali di base, l'applicazione di protocolli di gestione adattativa e l'integrazione di soluzioni basate su IMTA che contribuiscono a ridurre le pressioni sull'ambiente circostante consentendo al contempo la diversificazione della produzione.

Un ulteriore obiettivo fondamentale è di stabilire meccanismi di governance inclusivi e coordinati che supportino decisioni trasparenti e una maggiore partecipazione degli stakeholder, in linea con il modello LiRRIE. Ciò comporta la creazione di un Tavolo Tecnico permanente, l'attivazione di gruppi di lavoro tematici e l'organizzazione di più ampi gruppo di stakeholder, con l'obiettivo di garantire coerenza tra i quadri politici, gli strumenti di pianificazione spaziale e l'attuazione sul territorio.

Il Piano d'Azione promuove la diversificazione economica e la creazione di valore supportando lo sviluppo di modelli di business circolari, percorsi per la valorizzazione dei rifiuti e dei sottoprodotti, e strategie di branding sostenibile dei prodotti. Queste azioni hanno l'obiettivo di rafforzare la resilienza dei sistemi produttivi locali, generare nuove opportunità economiche e rafforzare il posizionamento sul mercato dei prodotti dell'acquacoltura sardi.

Infine, il Piano d'Azione punta a consolidare un modello replicabile e politicamente rilevante che possa influire sulle decisioni regionali e nazionali e supportare il futuro



sviluppo circolare dell'acquacoltura in Sardegna e in tutta la regione mediterranea. Documentando processi, disposizioni di governance e percorsi di attuazione, il Piano è progettato per fornire un riferimento trasferibile per altri territori che desiderano adottare approcci circolari all'interno di un quadro di pianificazione spaziale.

Contesto

La regione Sardegna vanta una tradizione di acquacoltura consolidata e di lunga data che si estende sia negli ambienti marini che lagunari, che continuano a svolgere un ruolo centrale nelle economie locali, nel patrimonio culturale e nei sistemi di produzione alimentare. In particolare, le zone lagunari dell'isola rappresentano ecosistemi di eccezionale valore ecologico, sostenendo habitat e servizi ecosistemici importanti ospitando al contempo attività tradizionali di acquacoltura. Queste aree sono tuttavia soggette a forti pressioni ambientali e regolamentate da normative di tutela e conservazione, in quanto in gran parte rientrano in aree protette, come i siti Natura 2000 o altre tipologie analoghe.



Di conseguenza, lo sviluppo dell'acquacoltura in Sardegna deve operare all'interno di un quadro complesso in cui i requisiti di protezione ambientale coesistono con le esigenze socio-economiche e le pratiche produttive. In questo contesto, il settore acquacoltura sardo ha mostrato un forte e crescente interesse per l'innovazione, la sostenibilità e i modelli di produzione circolare. I risultati della valutazione della circolarità BLUEfasma ([BLUEfasma Circularity Self-Assessment Tool – Inter-community Toolbox](#)) evidenziano un chiaro squilibrio tra disponibilità agli



investimenti e preparazione tecnica. Sebbene gli stakeholder abbiano espresso una disponibilità relativamente elevata a investire in soluzioni circolari e innovative, con un punteggio medio di 3,80 su una scala di 5 punti, il corrispondente livello di preparazione tecnica rimane basso, con un punteggio medio di 1,79. Questa lacuna indica un sostanziale potenziale di transizione, suggerendo che un supporto tecnico mirato, il rafforzamento delle capacità e il coordinamento della governance potrebbero sbloccare percorsi concreti per l'implementazione delle pratiche di acquacoltura circolare. Questo potenziale di transizione è ulteriormente rafforzato da un insieme di condizioni favorevoli presenti in Sardegna. Queste includono la presenza di aree costiere e lagunari adatte per lo sviluppo delle Zone Allocate per l'Acquacoltura Circolare (C-AZA), la presenza di competenze scientifiche e tecniche consolidate fornite dal Centro Marino Internazionale (Fondazione IMC) e da altri centri di ricerca specializzati, e una solida struttura organizzativa e associativa all'interno del settore produttivo. Inoltre, vi è una crescente domanda di mercato per prodotti di acquacoltura sostenibili, tracciabili e certificati. Ciò rappresenta un'opportunità strategica per la creazione di valore e la differenziazione del settore, attraverso l'adozione e il rafforzamento di modelli di produzione circolare.

In questo contesto, il progetto AZA4ICE offre un quadro strategico e operativo per affrontare le sfide strutturali affrontate da questo settore fondamentale. Attraverso l'applicazione della metodologia C-AZA e l'implementazione del processo partecipativo LIRRIE, il progetto supporta la pianificazione spaziale basata su evidenze scientifiche, il coinvolgimento degli stakeholder e la co-creazione di percorsi di sviluppo condivisi. Le azioni pilota attuate in Sardegna dalla Fondazione IMC hanno già dimostrato la fattibilità tecnica e ambientale delle soluzioni circolari, inclusi i sistemi integrati di Acquacoltura Multitrofica (IMTA), i sistemi di acquacoltura a ricircolo (RAS) e approcci per la valorizzazione di sottoprodotti e nutrienti disciolti precedentemente inutilizzati. Queste esperienze forniscono una solida base per ampliare le pratiche di acquacoltura circolare in modo compatibile con i vincoli ambientali, socialmente accettato dalle comunità locali e economicamente sostenibile nel medio-lungo termine.



3. Ruoli e responsabilità degli attori chiave

L'attuazione del Piano d'Azione si basa su un quadro di governance coordinato e multilivello in cui le autorità pubbliche, gli enti scientifici e tecnici, il settore produttivo e la società civile svolgono ruoli complementari e interdipendenti. Una chiara ripartizione delle responsabilità è essenziale per garantire coerenza delle politiche, solidità tecnica, fattibilità operativa e accettazione sociale dello sviluppo circolare dell'acquacoltura in Sardegna. All'interno del quadro AZA4ICE, questi ruoli non sono concepiti come funzioni isolate, ma, come contributi interconnessi allineati all'approccio partecipativo LiRRIE.

Autorità Regionali e Nazionali

A livello regionale e nazionale, le autorità pubbliche sono responsabili di fornire il quadro istituzionale, normativo e strategico per l'attuazione del Piano d'Azione, garantendo coerenza tra gli obiettivi di sviluppo dell'acquacoltura e i requisiti di protezione ambientale. In Sardegna, l'acquacoltura è sotto la responsabilità del Servizio Pesca e Acquacoltura (*Direzione Generale Dell'Agricoltura E Riforma Agro Pastorale*), incaricato dello sviluppo delle politiche settoriali, delle misure di supporto e dell'integrazione dei principi circolari dell'acquacoltura negli strumenti di pianificazione e programmazione regionale. Gli aspetti ambientali legati allo sviluppo dell'acquacoltura, in particolare nelle lagune costiere e nelle aree protette, sono supervisionati dalla Direzione generale della difesa dell'ambiente Servizio valutazioni impatti e incidenze ambientali (VIA) (Assessorato della Difesa dell'Ambiente), responsabile delle valutazioni ambientali, delle procedure di autorizzazione e del rispetto degli obiettivi di conservazione. Gli organismi di gestione dei siti Natura 2000 e di altre aree protette istituite sotto diversi regimi di protezione supervisionano le attività all'interno dei loro territori, assicurando che le pratiche di acquacoltura rimangano compatibili con gli obiettivi e i piani di gestione di ciascun sito. I comuni costieri e lagunari contribuiscono a livello locale attraverso la pianificazione territoriale, funzioni di governance e l'interazione diretta con le comunità e gli operatori locali.

A livello nazionale, la direzione strategica e il coordinamento settoriale sono forniti dal Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste (MASAF),



responsabile della normativa per l'acquacoltura, dei quadri di pianificazione nazionale e dell'allineamento con le strategie europee di pesca e acquacoltura. La supervisione delle politiche ambientali, in particolare riguardo a Natura 2000 e ad altre aree protette, le valutazioni di impatto ambientale e il rispetto della legislazione nazionale e europea, sono responsabilità del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). Il coordinamento tra le autorità agricole e ambientali sia a livello regionale che nazionale è, quindi, essenziale per consentire un'attuazione efficace ed equilibrata delle iniziative di acquacoltura circolare in Sardegna.

Istituti di ricerca e organizzazioni scientifiche

Gli istituti di ricerca, le organizzazioni scientifiche e le università forniscono il patrimonio conoscitivo e il supporto tecnico indispensabili per orientare decisioni fondate su evidenze scientifiche e per adattare le strategie operative in risposta ai risultati.

La Fondazione Centro Marino Internazionale (IMC) agisce come coordinatore scientifico del Piano d'Azione e come principale facilitatore del processo di governance LiRRIE, supportando il coinvolgimento degli stakeholder, l'analisi spaziale e l'applicazione della metodologia AZA4ICE. L'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPAS) contribuisce attraverso il monitoraggio ambientale, la raccolta di dati e la valutazione dell'impatto, supportando la definizione delle condizioni di base e la valutazione delle misure di mitigazione. Invece, l'Agenzia Per La Ricerca In Agricoltura (AGRIS) svolge un ruolo chiave nella ricerca applicata, nel trasferimento tecnologico e nella formazione professionale, facilitando l'adozione di soluzioni innovative e circolari per l'acquacoltura. L'Agenzia regionale per lo sviluppo in agricoltura (LAORE) integra questi ruoli fornendo servizi di consulenza, assistenza tecnica e supporto per il rafforzamento delle capacità agli operatori, assicurando che la conoscenza scientifica e i risultati dei progetti vengano efficacemente tradotti in applicazioni pratiche a livello agricolo e territoriale. Le università, inclusa l'Università di Cagliari, forniscono competenze scientifiche aggiuntive, capacità di ricerca e conoscenze specializzate nei sistemi di acquacoltura, sostenibilità ambientale e gestione delle risorse.



Settore e associazioni acquacolture

Il settore dell'acquacoltura e i suoi rappresentanti hanno la responsabilità primaria per l'attuazione pratica della transizione verso modelli di produzione circolare. Questo include acquacoltori, piccole e medie imprese, cooperative, fornitori di servizi, pescatori su piccola scala ed ulteriori attori lungo la catena di approvvigionamento, direttamente coinvolti nell'adozione e nella gestione delle pratiche di acquacoltura circolare. Il loro coinvolgimento è essenziale per testare, perfezionare e ampliare soluzioni come sistemi IMTA, RAS e percorsi di valorizzazione dei sottoprodotti. Le associazioni settoriali e di produttori, tra cui Confcooperative Pesca, Legacoop e associazioni di acquacoltura locali, svolgono un ruolo intermedio importante rappresentando interessi collettivi, facilitando il coordinamento tra operatori, promuovendo l'apprendimento peer-to-peer e supportando risposte collettive alle sfide normative, tecniche e di mercato.

Società civile e comunità locali

Le organizzazioni della società civile e le comunità locali contribuiscono a garantire la sostenibilità sociale e l'integrazione territoriale del Piano d'Azione. Le organizzazioni ambientali non governative, i gruppi comunitari locali, le associazioni culturali e le cooperative sociali svolgono un ruolo chiave nel promuovere l'accettazione sociale dell'acquacoltura circolare, salvaguardare gli interessi ambientali e comunitari e sostenere attività di comunicazione trasparente e sensibilizzazione. Il loro coinvolgimento contribuisce a garantire che lo sviluppo circolare dell'acquacoltura sia percepito non solo come un'opportunità economica, ma, anche come un processo territoriale condiviso allineato ai valori locali, agli obiettivi ambientali e di sostenibilità a lungo termine.



4. Bisogni, sfide e opportunità regionali

Bisogni regionali

Questa sezione presenta le principali esigenze, le sfide strutturali, le barriere e le opportunità individuate per lo sviluppo dell'acquacoltura circolare in Sardegna, basandosi sul processo partecipativo LiRRIE e sull'impegno degli stakeholder condotto attraverso il progetto AZA4ICE. Queste intuizioni forniscono un orientamento chiave per il Piano d'Azione, garantendo che gli interventi proposti rispondano alle priorità locali, siano operativamente fattibili e supportino soluzioni sia rilevanti che sostenibili.

Modelli di Acquacoltura Compatibili con l'Ambiente

Gli ecosistemi lagunari e costieri della Sardegna richiedono sistemi produttivi a basso impatto, resilienti ed ecologicamente coerenti. La priorità è data ad approcci integrati come i sistemi IMTA e RAS, tutti progettati per ottimizzare l'efficienza dei nutrienti e ridurre la dipendenza da input esterni. La selezione delle specie è un aspetto cruciale della progettazione del sistema, favorendo quelle naturalmente adattate alle condizioni locali e alle richieste dei consumatori tra cui il cefalo (*Mugil cephalus*), il branzino (*Dicentrarchus labrax*), l'orata (*Sparus aurata*), i bivalvi nativi come la vongola verace (*Ruditapes decussatus*), le alofite (*Salicornia fruticosa*) e macroalghe (*Ulva spp.*). Queste scelte aumentano la stabilità del sistema, garantiscono coerenza ecologica e facilitano un efficace riciclo dei nutrienti. Il monitoraggio continuo della qualità delle acque e dei parametri ecologici è essenziale per garantire la conformità agli standard ambientali e per sostenere la sostenibilità a lungo termine dei sistemi di produzione circolare.

Governance e Coordinamento delle Decisioni

Il quadro istituzionale che regola le aree umide protette della regione Sardegna è complesso, con molteplici autorità responsabili della protezione ambientale, della pianificazione territoriale e della gestione dell'acquacoltura. Meccanismi di governance chiari, inclusivi e coordinati sono quindi essenziali. Questi dovrebbero integrare rappresentanti dell'amministrazione pubblica, delle istituzioni



scientifiche, degli operatori del settore dell'acquacoltura, delle comunità locali e della società civile, garantendo un approccio partecipativo che sia in linea con il modello della quintupla elica promosso dai LiRRIEs. È necessario un coordinamento efficace per snellire il processo decisionale, ridurre i conflitti e consentire un'adozione tempestiva di pratiche circolari nelle zone designate.

Rafforzamento della capacità locale

Le evidenze della valutazione della circolarità con lo strumento BLUEfasma evidenziano una discrepanza tra un'elevata disponibilità all'investimento (3,80 su una scala a 5 punti) e una bassa preparazione tecnica (1,79) tra gli stakeholder sardi. Ciò indica che le principali barriere all'acquacoltura circolare non sono finanziarie o motivazionali, ma riguardano limitate conoscenze tecniche e esperienze, bassa fiducia nell'implementazione di sistemi integrati. Per affrontare questo problema, sono necessari programmi mirati di rafforzamento delle capacità, che comprendano formazione tecnica in IMTA, gestione delle acque, di pratiche circolari e procedure operative. Questi sforzi devono essere integrati da opportunità di apprendimento partecipativo, siti dimostrativi e piattaforme di scambio di conoscenze per garantire che gli operatori locali possano tradurre la volontà in una concreta capacità di implementazione.

Bisogni tecnologici e di conoscenza

L'applicazione pratica delle tecnologie di acquacoltura circolare in Sardegna rimane limitata, nonostante le condizioni ambientali favorevoli e il comprovato potenziale tecnico. L'accesso alle moderne tecnologie nell'acquacoltura, inclusi l'alimentazione automatica, i sensori di monitoraggio della qualità delle acque in tempo reale e gli strumenti di monitoraggio della biomassa, rimane limitato per molti produttori. Colmare questo divario richiede il trasferimento di tecnologia, la dimostrazione di soluzioni adattate localmente e il rafforzamento dei legami tra istituti di ricerca, servizi di consulenza e operatori. Inoltre, l'innovazione nella lavorazione e nella valorizzazione dei sottoprodotti, così come l'applicazione di metodologie e strumenti innovativi nel campo della microbiologia e genetica per



aumentare la resilienza e l'efficienza, sono essenziali per rendere i sistemi circolari vitali ed economicamente attraenti.

Allineamento normativo e supporto alle politiche

Gli attuali quadri normativi forniscono un riconoscimento limitato dei sistemi circolari, spesso concentrandosi sulle licenze specifiche per specie piuttosto che sulla progettazione integrata di sistemi. L'assenza di linee guida chiare, di indicatori di circolarità e di meccanismi di incentivo di supporto crea incertezza ostacolando gli investimenti. Affrontare queste lacune richiede l'allineamento e l'adattamento della legislazione regionale e nazionale, l'operatività delle Zone Allocate per l'Acquacoltura (AZA) e la creazione di meccanismi di supporto finanziario e tecnico mirati per permettere ai piccoli e medi produttori di adottare pratiche circolari sostenibili.

Integrazione socio-economica e coinvolgimento degli stakeholder

Infine, la transizione verso l'acquacoltura circolare in Sardegna richiede di favorire la collaborazione tra più attori, sensibilizzare sui benefici della produzione sostenibile e rafforzare la capacità locale di co-creazione. Un coinvolgimento efficace di produttori, autorità pubbliche, istituti di ricerca e società civile è fondamentale per allineare le priorità, facilitare lo scambio di conoscenze e promuovere l'accettazione sociale. Esistono opportunità per integrare l'acquacoltura circolare con l'economia locale, il turismo e i settori emergenti dell'economia blu, migliorando così la creazione di valore, supportando le catene alimentari locali e promuovendo la visibilità della Sardegna come riferimento per l'acquacoltura sostenibile nel Mediterraneo.

Sfide regionali

L'acquacoltura sarda si trova ad affrontare una serie di sfide ambientali, economiche, tecnologiche e normative interconnesse che devono essere



affrontate per consentire una transizione di successo verso sistemi circolari ed sostenibili.

Sfide ambientali

Una sfida ambientale chiave è la gestione dei nutrienti disciolti, che richiede un'attenta calibrazione dei sistemi produttivi per prevenire squilibri ecologici. Gli approcci IMTA aiutano a mitigare questo problema integrando specie estrattive come alghe e bivalvi, che assorbono naturalmente nutrienti in eccesso, ma la loro efficacia dipende da una progettazione precisa e dalla gestione operativa. Il cambiamento climatico aggiunge un ulteriore livello di complessità, con l'aumento delle temperature dell'acqua di mare, eventi meteorologici estremi più frequenti e cambiamenti nei modelli stagionali che influenzano i cicli riproduttivi e le prestazioni complessive del sistema. Le lagune sarde sono, inoltre, soggette a pronunciate fluttuazioni di salinità, causate dall'influenza delle maree e da piogge episodiche abbondanti, rendendo necessaria la selezione di specie in grado di tollerare tale variabilità ambientale.

Sfide di sostenibilità economica

La sostenibilità economica delle attività di acquacoltura è limitata da diversi fattori strutturali e operativi. L'accesso non autorizzato e il furto rappresentano rischi seri, in particolare, nelle aree periurbane e nelle zone con forte uso ricreativo, richiedendo investimenti in sicurezza fisica, sorveglianza comunitaria e coordinamento con e delle forze dell'ordine. I sistemi di produzione tradizionali spesso mostrano bassa efficienza e una redditività limitata, a causa di pratiche alimentari subottimali, alti costi di input e una gestione dell'acqua insufficiente. Invece, l'acquacoltura circolare offre il potenziale per migliorare i risultati economici attraverso la riduzione degli input, la valorizzazione dei sottoprodotti e una progettazione di sistemi più efficiente. Tuttavia, la transizione verso sistemi più sostenibili ed ecocompatibili comporta un investimento iniziale sostanziale in infrastrutture, attrezzature e formazione, che può essere particolarmente difficile per i piccoli produttori e le PMI con accesso limitato al capitale.



Da un punto di vista spaziale, l'acquacoltura compete e, in molti casi, entra in conflitto con altre attività, come turismo, trasporto marittimo, attività ricreative e vincoli di sicurezza. Una pianificazione strategica dello spazio è quindi fondamentale per garantire la coesistenza delle diverse attività, proteggere le AZA e assicurare la sostenibilità operativa nel lungo termine.

Sfide tecnologiche e della conoscenza

Nonostante il chiaro potenziale degli approcci circolari, l'implementazione pratica rimane limitata. Molti produttori hanno poca esperienza con sistemi integrati come IMTA o RAS, e pochi esempi locali ne dimostrano la fattibilità operativa. Le lacune di conoscenza, unite a incertezze nell'interpretazione normativa e ai vincoli di capitale, ne ostacolano l'adozione. L'accesso alle moderne tecnologie di acquacoltura, come sensori di qualità dell'acqua in tempo reale, sistemi di alimentazione automatizzati e strumenti di supporto alle decisioni, rimane disomogeneo, mentre la comunicazione e la collaborazione tra istituti di ricerca, decisori politici e operatori sono spesso insufficienti per facilitare un trasferimento efficace delle conoscenze e la co-creazione di soluzioni.

Sfide normative

L'attuale quadro normativo non riconosce adeguatamente le caratteristiche distintive dell'acquacoltura circolare. Sebbene le normative convenzionali sull'acquacoltura si concentrino sulle licenze specifiche per specie, non tengono conto della progettazione integrata di sistemi multitrofici. Gli incentivi per la produzione sostenibile e circolare sono in gran parte assenti, e i prezzi di mercato raramente riflettono il valore ambientale e sociale degli approcci circolari. Colmare questo divario richiede lo sviluppo di politiche pubbliche di supporto, programmi di sovvenzioni mirati e programmi di certificazione che incoraggino gli investimenti, riducano l'incertezza e premino l'adozione di pratiche eco-efficienti.

Opportunità regionali

La Sardegna rappresenta un contesto favorevole per lo sviluppo dell'acquacoltura



circolare, grazie a una combinazione di stakeholder motivati, condizioni ambientali adeguate e potenziale di integrazione economica. Questi fattori creano una solida base per ampliare sistemi produttivi innovativi e a basso impatto, generando al contempo benefici socio-economici più ampi per la regione.

Forte motivazione degli stakeholder

Nonostante la documentata scarsa preparazione tecnica, gli stakeholder locali mostrano una forte disponibilità a investire nell'acquacoltura circolare, con un punteggio medio di 3,80 su una scala di 5 punti. Le imprese di trasformatori del pesce, cooperative e piccoli operatori in cerca di diversificazione rappresentano primi potenziali investitore ed utilizzatori. La loro esperienza di successo può fungere da catalizzatore per un'adozione più ampia nel settore, dimostrando che la transizione verso pratiche circolari è sia fattibile sia economicamente vantaggiosa, se supportata da adeguata consulenza tecnica e sviluppo delle competenze.

Potenziale di posizionamento sardo

La Sardegna ha l'opportunità di diventare un riferimento per l'acquacoltura circolare non solo a livello nazionale ma, anche, mediterraneo. La dimostrazione di successo di sistemi sia redditizi che ambientalmente responsabili potrebbe affermare l'isola come un centro di apprendimento tra pari, trasferimento tecnologico e investimenti. Inoltre, l'acquacoltura circolare può essere integrata con l'economia locale più ampia e il turismo, creando sinergie con settori come le biotecnologie marine, la cosmesi e le industrie agroalimentari. Il pesce locale sostenibile può rafforzare le catene alimentari regionali, aumentare una distribuzione a km 0 contribuendo ad un maggiore resilienza economica. Inoltre, il turismo educativo, le visite ai siti di acquacoltura circolare e le iniziative di sensibilizzazione legate a questo settore offrono opportunità di reddito supplementare promuovendo al contempo l'accettazione sociale e il coinvolgimento con pratiche di produzione sostenibile.



5. Attuale Quadro Legale, Normativo e di Licenza

Legislazione nazionale e regionale

La Sardegna opera in un contesto normativo multifaccettato che integra la legislazione nazionale, regionale e locale. A livello nazionale, l'acquacoltura è di competenza del Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Politiche Forestali (*Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali*), mentre la tutela ambientale è gestita dal Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica (*Ministero della Transizione Ecologica*). Tra gli strumenti legislativi chiave figurano il Decreto Legislativo 152/2006 (Codice Ambientale), che stabilisce il quadro generale per la gestione delle acque e la protezione ambientale, e il Decreto Legislativo 30/2021 (Codice della Pesca e dell'Acquacoltura Marittima), che regola in particolare le operazioni di acquacoltura. A livello europeo, il Regolamento (UE) 2021/1139 istituisce FEAMPA, lo strumento di finanziamento a sostegno della pesca e dell'acquacoltura sostenibili.

A livello regionale, il Piano Strategico di Economia Blu sarda definisce la visione generale e le priorità politiche per i settori marittimi, inclusa l'acquacoltura, mentre il Regolamento Regionale sull'Acquacoltura fornisce il quadro per autorizzazioni, concessioni e conformità. Il Piano Regionale del Paesaggio identifica i siti soggetti a vincoli di protezione del paesaggio e le linee guida per la gestione delle aree protette garantiscono che le attività di acquacoltura siano compatibili con i siti Natura 2000 e altre zone umide protette, bilanciando le esigenze produttive con gli obblighi di conservazione.

Quadro normativo per sistemi innovativi

Sebbene il quadro normativo riconosca sistemi innovativi come IMTA e RAS, le linee guida operative per la loro implementazione sono limitate. L'IMTA è riconosciuta dalla legislazione, tuttavia mancano criteri di classificazione chiari per le configurazioni ibride o integrate. I sistemi RAS sono considerati sistemi di produzione intensiva, nonostante ciò gli incentivi a supporto della transizione verso modelli circolari sostenibili sono insufficienti. I sistemi di ricircolazione, pur emergendo come una soluzione promettente, non sono ancora esplicitamente



affrontati nelle normative attuali. L'assenza di linee guida dettagliate e di chiarezza normativa rappresenta un ostacolo all'adozione di pratiche di acquacoltura circolare e sostenibile in Sardegna.

Soluzioni Regolatorie Proposte

Per facilitare lo sviluppo dell'acquacoltura circolare, sono essenziali miglioramenti normativi. I modelli circolari, inclusi i sistemi IMTA e RAS, dovrebbero essere formalmente classificati e riconosciuti come approcci di produzione legittimi. Le procedure di autorizzazione per i progetti pilota e dimostrativi di C-AZA dovrebbero essere semplificate attraverso processi di revisione accelerati, riducendo ritardi amministrativi e incertezze. Gli incentivi normativi dovrebbero dare priorità alle zone di acquacoltura circolare nel concedere concessioni e approvazioni, incoraggiando un'adozione precoce. Infine, dovrebbe essere implementato un monitoraggio ambientale specifico, con piani su misura che permettano una valutazione in tempo reale e una gestione reattiva della qualità dell'acqua, dei flussi di nutrienti e degli impatti sugli ecosistemi specifici dei sistemi di acquacoltura circolare.

6. Stato attuale delle imprese di acquacoltura

Profilo di prontezza circolare

La valutazione degli acquacoltori sardi effettuata durante il progetto utilizzando lo strumento di autovalutazione della circolarità BLUEfasma rivela un chiaro profilo in termini di prontezza e disponibilità ad adottare pratiche circolari. I dati raccolti da nove operatori indicano un punteggio medio di preparazione all'Economia Circolare di 1,79 (su una scala 0-5), a confronto con una disponibilità media agli investimenti considerevolmente più alta di 3,80. Questo divario di 1,81 punti evidenzia una disparità notevole: sebbene gli operatori siano motivati e riconoscano il valore degli approcci circolari, la loro capacità attuale di implementarli rimane limitata.

Molti operatori con livelli di prontezza più bassi hanno espresso una forte volontà di



investire, il che indica che percepiscono i benefici dell'acquacoltura circolare ma incontrano ostacoli pratici all'adozione.

Questa combinazione di bassa prontezza e alta disponibilità sottolinea il significativo potenziale di transizione all'interno del settore acquacoltura regionale. Con un supporto tecnico e finanziario mirato, gli interventi di rafforzamento delle capacità possono migliorare rapidamente la prontezza operativa, consentendo un'adozione rapida di pratiche circolari. Progetti pilota, programmi di formazione su misura e siti dimostrativi pratici sono identificati come strategie critiche per tradurre la volontà in un'attuazione tangibile, accelerando il passaggio verso modelli di acquacoltura sostenibili ed economicamente sostenibili.

7. Visione per l'acquacoltura circolare in Sardegna

Basandosi sul processo di co-creazione LiRRIE, la visione condivisa per l'acquacoltura circolare in Sardegna è stata:

"Trasformare la Sardegna in un centro di eccellenza per l'acquacoltura circolare nel Mediterraneo, dove governance inclusiva, pratiche innovative, protezione ambientale e opportunità economiche convergono per creare un settore resiliente e sostenibile che generi benessere territoriale."

La Regione Sardegna ha il potenziale per diventare un riferimento mediterraneo per l'acquacoltura circolare, basata sui suoi numerosi compendi lagunari dall'elevata biodiversità. La visione integra produzione, innovazione, partecipazione degli stakeholder e approcci alla produzione sostenibile, con l'obiettivo di affrontare le sfide regionali sbloccando al contempo opportunità economiche, sociali e ambientali. L'obiettivo generale è creare un settore resiliente e sostenibile che generi benessere territoriale. Il futuro dell'acquacoltura sarda deve basarsi sull'adozione di sistemi di produzione circolari adattati alle condizioni ambientali dell'isola. Ciò richiede l'integrazione dei sistemi IMTA/RAS, con particolare attenzione agli ecosistemi lagunari e costieri. Le specie a basso livello trofico come bivalvi, cefali, branzini, orate, macroalghe e altri organismi autoctoni devono essere selezionate con cura per garantire sostenibilità dal punto di vista imprenditoriale e ambientale. I principi circolari dovrebbero guidare le pratiche di produzione,



minimizzando le perdite di nutrienti, migliorando il riciclo e mantenendo la qualità dell'acqua. Allo stesso tempo, devono essere promosse strategie di valorizzazione dei sottoprodotti rendendoli substrati di alto valore per applicazioni che vanno dal ruolo di alimenti, fertilizzanti, bioplastiche e composti bioattivi. I siti pilota e i progetti dimostrativi potranno offrire opportunità per testare pratiche adattabili a vasti contesti, creando modelli replicabili e supportando al contempo la gestione sostenibile tramite monitoraggio e strumenti tecnologici di supporto. Questo approccio permette sia l'acquacoltura rigenerativa, che ripristina attivamente gli ecosistemi e migliora i servizi ecosistemici, sia l'acquacoltura restaurativa o estrattiva, che ottimizza i benefici netti ambientali integrando specie estrattive.

La resilienza economica è un elemento centrale della visione. L'acquacoltura circolare crea nuove opportunità di mercato rispondendo alla crescente domanda di prodotti ittici sostenibili esplorando anche nuove nicchie, tra cui quella delle alghe e dei composti bioattivi. L'acquacoltura sarda può anche stabilire sinergie con altri settori dell'economia blu, come turismo, istruzione e biotecnologia, generando fonti di ricavo diversificate attraverso visite presso gli impianti, programmi educativi, degustazioni e applicazioni biotecnologiche. Lo sviluppo di operazioni scalabili, redditizie e sostenibili rafforzerà i mercati tradizionali, creerà nuove nicchie e favorirà l'occupazione locale e la resilienza economica, supportando le piccole e medie imprese nel superare le barriere agli investimenti e nell'accesso ai finanziamenti. Ugualmente importante è il rafforzamento del trasferimento di conoscenze e della collaborazione tra gli stakeholder. La Sardegna dovrebbe diventare un polo di innovazione nell'acquacoltura circolare, sfruttando partnership con istituti di ricerca regionali e internazionali, università e centri tecnologici. Un dialogo continuo e processi di co-creazione sono essenziali per garantire che le soluzioni siano adattate localmente, socialmente accettate e implementate efficacemente. Il rafforzamento della collaborazione tra attori faciliterà la diffusione delle migliori pratiche, accelererà l'adozione delle tecnologie circolari e sosterrà reti di apprendimento tra pari che vanno oltre la formazione iniziale e i progetti pilota.

Infine, l'allineamento delle politiche e gli incentivi sono fondamentali per consentire la transizione. Le normative sarde devono evolversi per riconoscere formalmente i modelli circolari, inclusi i sistemi IMTA/RAS, e per semplificare e snellire le procedure di autorizzazione per progetti pilota e dimostrativi. Il sostegno



finanziario tramite finanziamenti, e accesso a fondi “green” è necessario per ridurre i limiti per i piccoli imprenditori del settore e le PMI. Allineare le politiche regionali agli obiettivi europei di sostenibilità creerà un ambiente favorevole all'innovazione, agli investimenti e alla promozione della Sardegna come regione modello per l'acquacoltura circolare nel Mediterraneo. Attraverso l'attuazione coordinata di queste strategie, la Sardegna può raggiungere una posizione di rilievo nell'area mediterranea in ambito di acquacoltura circolare, generare opportunità economiche sostenute, proteggere e ripristinare gli ecosistemi e contribuire a obiettivi europei più ampi di sostenibilità, resilienza e sviluppo dell'economia blu.

8. Potenziale dei risultati C-AZA

L'applicazione della metodologia C-AZA in Sardegna rappresenta un passo significativo verso la trasformazione dell'acquacoltura tradizionale in un modello di produzione circolare, territorialmente integrato e responsabile dal punto di vista ambientale. Le Zone Circolari Allocate per l'Acquacoltura (C-AZA) combinano pianificazione spaziale, valutazioni dell'idoneità delle specie, monitoraggio ambientale e principi di economia circolare per creare un quadro ad alto valore aggiunto a beneficio di produttori, comunità locali, legislatori e la società nel suo complesso.

Fornendo una metodologia replicabile, basata sulla scienza e rilevante per le politiche, C-AZA supporta decisioni basate su evidenze, promuovendo al contempo pratiche di acquacoltura sostenibili ed economicamente valide. In Sardegna, questo approccio ha dimostrato il potenziale di armonizzare l'acquacoltura con la tutela dell'ambiente, trasformando un settore tradizionalmente considerato fonte di pressione ambientale in un fornitore di servizi ecosistemici. Questi servizi includono il miglioramento della qualità dell'acqua attraverso processi biologici naturali, la conservazione e il riciclo dei nutrienti e il miglioramento degli habitat per le specie autoctone, il tutto rispettando le normative ambientali e supportando una gestione trasparente da parte delle autorità locali.



L'applicazione territoriale della metodologia C-AZA in un compendio limitrofo alla laguna di Cabras ha fornito intuizioni pratiche sulla fattibilità e i benefici dell'acquacoltura circolare in un contesto sensibile. La metodologia integra criteri ambientali, tecnici, economici e sociali per identificare aree in cui l'acquacoltura può essere implementata in modo da massimizzare la produttività minimizzando gli impatti ecologici. In questo caso, l'Indice di Idoneità al Sito (SiSI) ha raggiunto 0,7, riflettendo una forte idoneità in termini di qualità dell'acqua, condizioni trofiche, disponibilità di infrastrutture e fattibilità operativa. L'unico fattore moderatamente limitante era l'uso del suolo circostante, influenzato dalle pressioni agricole e urbane. Affrontare questo problema attraverso una pianificazione spaziale integrata è essenziale per garantire la compatibilità a lungo termine e ridurre i potenziali conflitti. Il monitoraggio ambientale continuo ha confermato che parametri chiave come temperatura, ossigeno disciolto, salinità, concentrazioni di nutrienti e clorofilla-“a” sono rimasti entro intervalli adeguati sia per specie a diversi livelli trofici per la maggior parte dell'anno, dimostrando che l'ecosistema della laguna può sostenere in modo sostenibile operazioni di acquacoltura circolare. La valutazione dell'idoneità alle specie ha ulteriormente confermato il potenziale di sistemi IMTA diversificati che combinano specie alimentate con organismi filtratori. Sulla base delle prestazioni ecologiche, della fattibilità tecnica e del feedback degli stakeholder, sono stati identificati due sistemi IMTA come i più appropriati per l'implementazione. Il sistema IMTA 1 combina il cefalo (*Mugil cephalus*), l'ostrica del Pacifico (*Crassostrea gigas*), il verme reale (*Nereis virens*) e la lattuga di mare (*Ulva spp.*), integrando specie alimentate con organismi estrattivi per consentire un efficiente riciclo dei nutrienti, aumentare la diversificazione della biomassa e migliorare il funzionamento degli ecosistemi. Il sistema IMTA 2 integra branzino (*Dicentrarchus labrax*), vongole (*Ruditapes decussatus*), vermi (*Hediste diversicolor*) e *Salicornia fruticosa*. Entrambi i sistemi esemplificano la capacità dell'acquacoltura circolare di armonizzare la produzione con servizi ecosistemici, evidenziando



il duplice beneficio della produzione alimentare e del miglioramento ambientale. Combinando specie nutritive ed estrattive, questi sistemi riducono l'accumulo di nutrienti, migliorano la qualità dell'acqua e forniscono habitat che supportano la biodiversità, illustrando come l'acquacoltura possa essere sfruttata per generare benefici ambientali netti piuttosto che pressioni.

Per valutare le prestazioni operative ed economiche di queste configurazioni, è stato applicato l'Intermediate Performance Index (IPI), che ha rilevato la fattibilità tecnica a livello di specie, il potenziale di mercato e l'accettazione sociale. I risultati hanno mostrato che le specie chiave in entrambi i sistemi IMTA mostrano una forte fattibilità produttiva e un alto valore di mercato, confermando che integrare specie nutritive ed estrattive può essere redditizio e socialmente accettabile. Le prestazioni circolari sono state ulteriormente quantificate tramite l'IMTA Circularity Index (ICI), che misura l'efficienza del riciclo dei nutrienti, l'efficienza nell'uso delle risorse, l'uso energetico, la complementarità delle specie e la complessità complessiva del sistema. Il sistema IMTA 1 ha ottenuto un punteggio di 0,75, riflettendo una forte complementarità funzionale e un efficace riciclo dei nutrienti, mentre il sistema IMTA 2 ha ottenuto 0,675, leggermente inferiore a causa delle maggiori richieste di risorse delle specie alimentate. Questi risultati dimostrano che l'acquacoltura circolare non è solo tecnicamente fattibile, ma può anche garantire elevati livelli di efficienza ecologica e operativa.

L'indicatore finale di supporto alla decisione, l'Indice C-AZA (C-AZA_i), integra l'idoneità del sito, la performance delle specie e la circolarità in un'unica metrica. Il sistema IMTA 1 ha ottenuto un C-AZA_i di 0,778 e il sistema IMTA 2 di 0,746, confermando che entrambi i sistemi sono pronti per l'implementazione pratica e dimostrando l'alto potenziale della laguna di Cabras come sito pilota per l'acquacoltura circolare. L'uso di C-AZA_i consente agli stakeholder, inclusi produttori, legislatori e comunità locali, di



prendere decisioni informate sulla selezione del sito, la progettazione del sistema e la gestione operativa, creando trasparenza e fiducia durante tutto il processo di pianificazione. La combinazione dei risultati di SiSI, IPI, ICI e C-AZAi illustra i benefici complessivi dell'acquacoltura circolare in termini di prestazioni ambientali, fattibilità operativa, opportunità economiche e accettabilità sociale. Oltre alle prestazioni tecniche e ambientali, l'applicazione C-AZA in Sardegna ha dimostrato significativi benefici sociali ed economici. Promuovendo il coinvolgimento di più attori attraverso workshop ed incontri partecipati, il progetto ha rafforzato la collaborazione tra produttori locali, istituti di ricerca, autorità regolatorie e società civile. Questo coinvolgimento di tutti i rappresentanti della quintupla elica migliora l'accettazione sociale dell'acquacoltura circolare, costruisce fiducia nel processo decisionale e incoraggia le comunità locali a partecipare attivamente alla gestione sostenibile delle risorse. Le opportunità economiche sono inoltre potenziate dal valorizzare specie a basso livello trofico e i sottoprodotti, generando nuove catene di valore e creando collegamenti con altri settori dell'Economia Blu, tra cui gastronomia locale, turismo e biotecnologie. Queste attività contribuiscono alla diversificazione economica regionale, riducono la dipendenza da prodotti singoli e migliorano la resilienza e la competitività delle imprese acquacolture sarde.

Il caso di studio del progetto AZA4ICE evidenzia l'importanza del monitoraggio ambientale integrato e della gestione adattiva. La raccolta continua dei parametri di qualità dell'acqua, delle biomasse prodotte e/o allevate e degli indicatori di salute degli ecosistemi consente agli operatori di prendere decisioni informate e implementare misure correttive in tempo reale. Ad esempio, l'accumulo di nutrienti o le variazioni dell'ossigeno disciolto possono innescare aggiustamenti operativi, come la modifica delle densità delle specie allevate o l'integrazione di ulteriori specie estrattive, garantendo il rispetto delle soglie ambientali. Questo approccio adattivo guidato dal monitoraggio rafforza le prestazioni ecologiche dei sistemi



minimizzando i rischi, fornendo un modello pratico per altri ambienti lagunari in Sardegna e nella più ampia regione mediterranea.

Nel complesso, il test C-AZA nella laguna di Cabras valida la metodologia AZA4ICE come uno strumento di supporto decisionale robusto, basato su evidenze e trasferibile per la pianificazione territoriale e la progettazione delle politiche. I risultati dimostrano che gli ambienti lagunari in Sardegna possono ospitare in modo sostenibile sistemi di acquacoltura circolare, integrando specie alimentate ed estrattive, migliorando i servizi ecosistemici, migliorando il riciclo dei nutrienti e offrendo diversificazione economica e opportunità di occupazione. Questa base di evidenze sostiene fortemente l'ampliamento dell'implementazione del C-AZA in altre zone sarde adatte e funge da riferimento per i Piani d'Azione a livello mediterraneo. I risultati evidenziano il potenziale della Sardegna per diventare un centro di eccellenza per l'acquacoltura circolare, combinando fattibilità tecnica, sostenibilità ambientale, opportunità economiche e accettazione sociale in un modello coerente e realizzabile che possa guidare la regione verso un futuro acquacoltura resiliente e circolare.

9. Azioni Proposte

Azioni e interventi chiave

Le azioni proposte traducono la visione condivisa per l'acquacoltura circolare in Sardegna in un percorso integrato e operativo. Sono progettate per colmare il divario strutturale tra l'attuale basso livello di circolarità degli operatori e la loro alta volontà a investire, rafforzando contemporaneamente la governance, le tutele ambientali e la sostenibilità economica. Le azioni si rafforzano a vicenda e sono concepite per essere implementate in parallelo su un orizzonte di 24 mesi, garantendo risultati tangibili all'interno della durata del progetto e sostenibilità a lungo termine oltre di esso.

Azione 1: Programma di Rafforzamento delle Capacità



Obiettivo: Colmare il divario di competenza emerso da una preparazione media di 1,79 contro una disponibilità media di 3,80 attraverso una formazione completa.

L'obiettivo principale del programma di *capacity building* è colmare il divario di competenze identificato attraverso l'autovalutazione della circolarità BLUEfasma, dove una preparazione media di 1,79 si confronta con una disponibilità media di investimento di 3,80. Il programma è strutturato come un percorso di apprendimento completo e progressivo erogato nell'arco di 18-24 mesi, combinando conoscenze teoriche, competenze pratiche e scambio tra pari. La formazione comprende principi di acquacoltura circolare con un forte focus territoriale, coprendo i sistemi IMTA/RAS adattati ai contesti lagunari sardi. L'alfabetizzazione finanziaria viene affrontata attraverso linee guida sugli strumenti di finanziamento europei, nazionali e regionali, tra cui FEAMP, Interreg e Horizon Europe, accompagnati da un supporto pratico allo sviluppo delle proposte. I moduli pratici si dovranno concentrare sull'attuazione e gestione dei sistemi di acquacoltura circolari, inclusa la gestione della qualità dell'acqua, le strategie di alimentazione, il monitoraggio della biomassa e la gestione del rischio operativo. Competenze digitali, strumenti di tracciabilità e certificazione e branding della sostenibilità dovranno completare il programma.

Azione 2: Strutture dimostrative IMTA

Obiettivo: Condividere i modelli IMTA in contesti sardi autentici come piattaforme di apprendimento e installazioni *proof-of-concept*.

Le strutture dimostrative IMTA sono concepite come sistemi sperimentali territoriali progettati per riflettere le specifiche ecologiche e le priorità di gestione dei diversi contesti lagunari sardi, funzionando al contempo come piattaforme di apprendimento, installazioni di prova di concetto e modelli di riferimento per la replicazione. Piuttosto che dimostrazioni generiche, le strutture sono esplicitamente progettate per affrontare le pressioni ambientali locali e valorizzare le tradizioni produttive esistenti attraverso approcci circolari e rigenerativi.

Il primo sito dimostrativo è proposto nel sistema lagunare di Cabras, dove l'acquacoltura si basa storicamente su pratiche estese e semi-estese. In questo



contesto, la configurazione IMTA si concentra su specie non alimentate e a basso livello trofico, combinando la coltivazione di cefali, vongole e piante alofile quali *Salicornia spp.* Questa configurazione migliora il riciclo dei nutrienti all'interno della laguna accoppiando la produzione di pesci con la filtrazione a cura degli invertebrati e l'assorbimento dei nutrienti da parte delle piante, rimanendo pienamente compatibile con la sensibilità ecologica e lo stato di conservazione dell'area. Il sistema è progettato per operare con volumi di produzione moderati coerenti con la capacità di carico della laguna e i principi di gestione basati sull'ecosistema. Oltre alla produzione, il sito pilota funge dimostra l'importanza dell'acquacoltura rigenerativa della laguna, rafforzando i servizi ecosistemici come la purificazione dell'acqua, la stabilizzazione dei sedimenti e il supporto alla biodiversità.

Azione 3: Iniziative di circolarità basate sulla comunità

Obiettivo: Coinvolgere le comunità locali in pratiche circolari visibili e ad alto impatto che generino benefici immediati.

Le iniziative basate sulla comunità mirano a rendere l'acquacoltura circolare visibile, tangibile e socialmente radicata, generando benefici immediati locali e rafforzando l'accettazione sociale. Le attività includono l'istituzione di punti di raccolta dei rifiuti organizzati presso impianti di lavorazione collegati a sistemi regionali di riciclo e compostaggio, la promozione di attrezzi da pesca riutilizzabili e rigenerabili, e l'organizzazione di regolari eventi di pulizia e restauro dell'habitat delle lagune che coinvolgono scuole, associazioni e comunità locali. Le strutture circolari per l'acquacoltura sono utilizzate anche come percorsi eco-educativi per cittadini e visitatori, aumentando la consapevolezza e l'alfabetizzazione ambientale. Si promuovono schemi collettivi di certificazione per la sostenibilità, consentendo a gruppi di operatori di accedere congiuntamente ai processi di certificazione, riducendo i costi e rafforzando la cooperazione.

Azione 4: Monitoraggio Ambientale e Salvaguardie

Obiettivo: Garantire una valutazione continua della compatibilità ecologica



attraverso protocolli di monitoraggio strutturato e risposta adattiva.

Il monitoraggio ambientale e le salvaguardie sono essenziali per garantire la compatibilità ecologica e la credibilità dello sviluppo circolare dell'acquacoltura. Viene implementato un quadro di monitoraggio strutturato, che include parametri fisico-chimici dell'acqua, valutazioni biologiche cadenzate delle comunità planctoniche e bentoniche, monitoraggio stagionale della fauna ittica e dell'avifauna e screening annuale dei contaminanti nei sedimenti. I risultati del monitoraggio alimentano protocolli di gestione che definiscono soglie di allarme precauzionali e misure di risposta, permettendo aggiustamenti tempestivi alle pratiche di allevamento nei casi in cui le pressioni ambientali aumentano. Questa azione garantisce l'allineamento ai requisiti di qualità ambientale normati a livello nazionale e a obiettivi più ampi di protezione ambientale.

Azione 5: Supporto commerciale e finanziamenti

Obiettivo: Facilitare l'accesso degli attori locali agli strumenti di finanziamento europei e nazionali.

Per superare le barriere finanziarie e facilitare gli investimenti, si ambisce all'istituzione di un meccanismo centrale di supporto commerciale e finanziario. Un desk di consulenza finanziaria dedicato al supporto agli attori locali per l'accesso agli strumenti di finanziamenti europei, nazionali e regionali, tra cui FEAMPA, IPARD III, Interreg e Horizon Europe. Il desk supporta lo sviluppo delle proposte, coordina le opportunità di finanziamento regionali e promuove approcci consorziali che permettano agli operatori su piccola scala di partecipare collettivamente a schemi di finanziamento più ampi. Vengono promossi strumenti finanziari complementari, come la microfinanza per start-up di acquacoltura circolare, fondi di garanzia per PMI e voucher per la formazione, per ridurre i rischi e migliorare l'accesso al capitale.

Azione 6: Piattaforma di Governance e Coordinamento Inclusiva

Obiettivo: Stabilire un meccanismo permanente di coordinamento multi-attore



allineato al modello LiRRIE.

La governance inclusiva è garantita attraverso l'istituzione di un meccanismo di coordinamento permanente allineato al modello LiRRIE. Un Tavolo Tecnico si riunisce con cadenza definita, con una rappresentanza equilibrata da autorità regionali e nazionali, operatori di acquacoltura, istituti di ricerca, enti ambientali e organizzazioni della società civile. Parallelamente, un'Assemblea più ampia di LiRRIE si riunisce a intervalli di tempo maggiori rispetto al Tavolo Tecnico per facilitare consultazioni aperte, dialogo strategico e apprendimento condiviso. I gruppi di lavoro tematici affrontano specifiche sfide normative, ambientali, aziendali e di comunicazione, mentre un sistema di comunicazione integrato mantiene trasparenza e coinvolgimento degli stakeholder.

Attori Responsabili

L'attuazione delle azioni proposte si basa su un quadro di governance coordinato e multilivello. Le autorità regionali, in particolare la Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato dell'Agricoltura e Riforma Agro-Pastorale (Servizio pesca e acquacoltura), svolgono un ruolo centrale nel coordinamento, nell'allineamento dei finanziamenti e nella facilitazione normativa. Il controllo ambientale e l'allineamento con gli obiettivi di conservazione sono garantiti dall'Assessorato della Difesa dell'Ambiente, in collaborazione con le autorità regionali quali ARDIS, ENAS e ARPAS.

Il supporto alla ricerca e tecnico è fornito da istituti e università, tra cui il Centro Marino Internazionale (IMC), CNR, AGRIS, LAORE, I Gruppi di Azione Locale Sarda (GAL), l'Università e altri partner di ricerca nazionali e internazionali, che contribuiscono con competenze scientifiche, monitoraggio e rafforzamento delle capacità. Gli operatori di acquacoltura, le cooperative e le PMI agiscono come principali implementatori, in particolare per strutture dimostrative e iniziative pilota. Le organizzazioni della società civile, le istituzioni educative e le comunità locali supportano attività di sensibilizzazione, sensibilizzazione e azioni basate sulla comunità. Le istituzioni finanziarie e gli enti finanziatori supportano la mobilitazione degli investimenti e la sostenibilità finanziaria.



Cronologia di implementazione

L'attuazione del Piano d'Azione è organizzata nell'arco di 18-24 mesi e strutturata in tre fasi sequenziali e interconnesse. Questo approccio a fasi garantisce una transizione graduale dalla pianificazione e mobilitazione all'implementazione operativa e, infine, alla consolidazione, alla valutazione e alla trasferibilità. Ogni fase si basa sui risultati della precedente, permettendo una gestione adattiva e un continuo allineamento con le condizioni ambientali, sociali e normative.

10. Conclusione

Questo Piano d'Azione propone una strategia coerente e basata su evidenze scientifiche per supportare la transizione verso un'acquacoltura circolare, sostenibile e inclusiva in Sardegna, basata sulla conoscenza scientifica e rafforzata attraverso la co-creazione strutturata degli stakeholder. Riconosce che l'acquacoltura sarda è caratterizzata da un forte patrimonio culturale e produttivo, un alto livello di volontà degli stakeholder di innovare, condizioni ambientali compatibili con approcci circolari a basso impatto e la disponibilità di soluzioni tecnicamente validate. Allo stesso tempo, il Piano riconosce la presenza di capacità istituzionali, scientifiche e amministrative che possano sostenere una governance partecipativa e un'attuazione coordinata.

L'approccio proposto è articolato attraverso sei azioni interconnesse che operano su tre livelli complementari. A livello tecnico, le strutture dimostrative IMTA funzionano come piattaforme di apprendimento e innovazione, supportate da un rigoroso monitoraggio ambientale per garantire compatibilità ecologica e una gestione adattiva continua. A livello economico, i programmi strutturati di *capacity building* rafforzano le competenze operative, facilitano l'accesso agli strumenti di finanziamento europei e nazionali abbassano le barriere finanziarie e il branding sostenibile dei prodotti crea incentivi di mercato per pratiche circolari. A livello istituzionale, un quadro di governance permanente di LiRRIE consente decisioni coordinate tra più attori, mentre percorsi regolatori chiariti e procedure trasparenti



riducono l'incertezza e costruiscono fiducia tra gli stakeholder.

Visione a lungo termine

Attraverso l'attuazione coordinata di questo Piano d'Azione, la Sardegna ha l'opportunità di posizionarsi come centro mediterraneo di eccellenza per l'acquacoltura circolare, capace di combinare innovazione responsabile, protezione ambientale e sviluppo socio-economico. La visione a lungo termine è la creazione di una comunità permanente di pratica che supporti lo scambio di conoscenze, il trasferimento tecnologico e il miglioramento continuo in tutto il settore. In definitiva, il Piano prevede un sistema di acquacoltura sardo in cui la circolarità rappresenta un pilastro fondamentale dell'economia blu sostenibile, dove una governance inclusiva e una gestione adattativa rafforzano la resilienza ecologica e in cui i benefici economici sono generati in modo duraturo ed equo per gli operatori locali, le comunità costiere e le generazioni future.



AZA4ICE

**Interreg
Euro-MED**



**Co-funded by
the European Union**



**UNIVERSITY OF
PATRAS**
UNIVERSITY OF PATRAS



IMC
International
Marine Centre



Junta de Andalucía
Junta de Andalucía



POLEMER
MEDITERRANEO



**PUBLIC MARITIME
DEVELOPMENT AGENCY**
OF BIRLIK ENIS COUNTY



AH
ASSOCIATION



**CHAMBER OF
ECONOMY OF
MONTENEGRO**



IPMA
Instituto Português
do Mar e da Atmosfera